

環境と健康(第60報)¹⁾： 音楽の心拍数の“ゆらぎ”への効果の検証

佐藤英助、岡田洋二、²⁾ 丘島晴雄²⁾

1. はじめに：心拍数のゆらぎ

常日頃、心臓の拍動は安静時には一定のリズムで規則的に働いているものと考えていた。しかし、大変不思議なことに、心拍間隔はよく調べてみると「1/fゆらぎ」を示すのだと言う。³⁻⁵⁾ そして、武者利光著『ゆらぎの発想』には、宮本武蔵の“五輪書”に関連して、次のように記述されている。「兵法の道におゐて、心の持ちやうは、常の心(平常心)に替わる事なかれ、常にも、兵法の時に、少しもかはらずして、心を広く直にして(広い観点から真実をみて)、きつくひっぱらず(緊張せず)、少しもたるまず、心のかたよらぬやうに、心を真ん中におきて、心を静かにゆるがせて、其のゆるぎのせつなも、ゆるぎやまぬやうに、よくよく吟味すべし。静かなるときも心は静かならず、何とはやき時も心は少しもはやからず、…」とあり、⁶⁾ 宮本武蔵が体得した兵法の極意は「ゆらぎ」だったされる。武蔵は美作国(岡山県)に生まれ(一説には播磨 兵庫県 という報告もある)、剣豪としてだけではなく水墨画や書などに優れた作品を残し、文武両道を極め晩年は肥後細川藩(熊本)に仕えたと言う。

一方、最近になり、簡易型の心電計が開発され、心拍変動解析も可能になった。そして、環境と健康への関心の一環として、心拍数の“ゆらぎ”に関心を持ち、すでに、日常の勤務における心拍数のゆらぎや喫茶・飲酒・香りの心拍変動への効果について報告してきた。⁷⁻⁹⁾ また、音楽や香りの心拍変動への影響について台湾の大学での若い世代を対象とした報告はある。¹⁰⁾ そこで、今回、男性高齢者の例として、筆者の一人(ES)を被験者として、女声の歌を7種類、男声の歌を5種類および器楽曲を4種類の計16種類の音楽による心拍変動・自律神経への効果を測定したので、それらの結果を報告する。

2. 心電図について

心電図(Electrocardiogram)とは心臓の筋肉が全身に血液を循環させるために拡張と収縮を繰り返す時に、微弱な活動電流が発生し、それを増幅して時間変化を記録したものであり、図1に示すような特徴的な波がみられる。そして、心電図で見られる波には図1に記したように、P波からT波の名称で表現されていて、これらの波形から臨床上、心臓・血管系疾患の重要な情報が得られる。¹¹⁻¹⁵⁾ また、記録用紙の横軸に時間(sec)、縦軸に電圧(mV)で表したもので、5mm毎に太線になっている。横軸の最小のマス目は0.04secで、5mmでは0.2secである。記録紙の流れる速度は、1sec間に25mmである。縦軸の最小のマス目は0.1mVである。

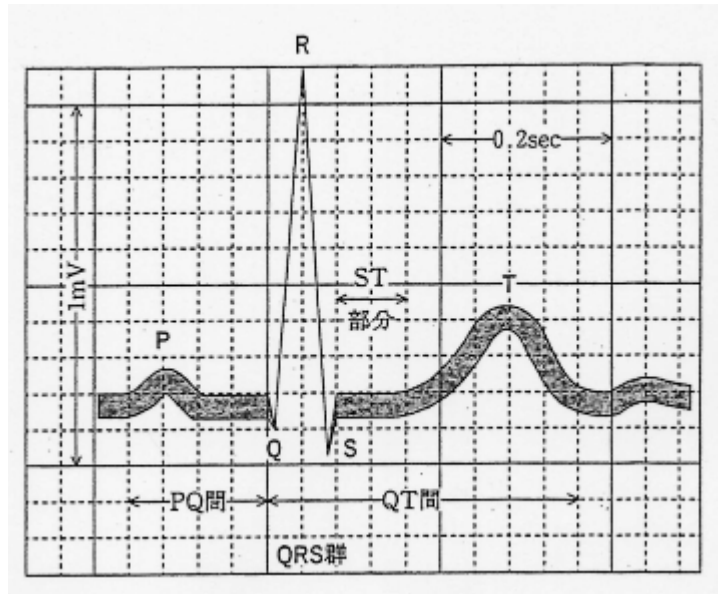


図1. 心電図の波形 (出典: 引用文献16)

吉岡らの報告によると、「自律神経の活動は、物事に集中している時には規則的な早い心拍動になり、リラックスしている時には不規則で遅い心拍動になる」とされ、¹⁷⁾ 心電図のR波ピーク毎の間隔(R-R間隔)を計測し、心拍変動(Heart Rate Variability)スペクトルを解析することにより自律神経活動の情報を得ることができる。^{18) 20)} 心拍変動(RRI)の時系列データをフーリエ変換によりパワースペクトル密度を周波数の関数として求めると、一般的に高周波数成分(HF、0.15-0.4 Hz)と低周波数成分(LF、0.04-0.15 Hz)の2つに分けることができる。パワースペクトルのLF成分(交感神経活動の評価基準)、HF成分(副交感神経活動の評価基準)、Total(LF成分とHF成分の和:自律神経全体の活動の評価基準となる)の各スペクトル積分値と心拍数の時間変化を解析し、LF/HFを交感神経活動指標、HF/Totalを副交感神経活動指標としている。^{17,21-22)}

3. 試みた歌や音楽

今回の心拍変動測定のために試みた歌や音楽を、曲番、曲名や演奏者などを次に記す。表記のないものは音楽CDによる。

曲番	曲名	歌手、演奏者
女声の歌		
1.	津軽のふるさと	歌:美空ひばり
2.	氷雨	歌:日野美歌
3.	雨の物語	歌:イルカ
4.	マールが与えた人生	歌:小田陽子
5.	合唱「刈干切唄」	歌:土屋由里子、芸能山城組
6.	リリー・マルレーン	歌:ララ・アンデルセン

7. 悲しい道 歌:木の実ナナ
男声の歌
8. フランゴシリアニ 歌、ブズーキ:マルコス・ヴァンヴァカリス (テレビ録画)
9. デライラ 歌:トム・ジョーンズ
10. 星は光ぬ(歌劇トスカより)[プッチーニ]
テノール:トーマス・ハーパー、ミハエル・ハラス指揮、チェコスロバキア放送交響楽団
11. 青葉城恋歌 歌:さとう宗幸
12. 南部牛追唄 唄:畠山孝一
器楽演奏
13. ソルヴェイグの歌[グリーグ、ペールギュント組曲より] ピアノ:フロリアン・ヘンシェル
14. 序奏とロンド・カプリチオーソ[サンサーンス] ヴァイオリン:フランチェスカッティ、
レナード・バーンシュタイン指揮、ニューヨーク・フィルハーモニック (レコード)
15. 夜霧のしのび逢い(浜辺) ギター、音楽:バン・ウエッター、スタフロス・サルカロフ
(サントラ盤)
16. イタリー奇想曲[チャイコフスキー] ヘルベルト・フォン・カラヤン指揮、
ベルリン・フィルハーモニー管弦楽団(レコード)

3. 測定機器および測定方法など

心電計:携帯型心電計チェック・マイハート(Handheld HRV) Model:CMH3.0(写真1)

選任製造販売業者:株式会社トライテック

製造業者:デイリーケアバイオメディカル(台湾)

管理医療機器承認番号:21900BZI00001000

製品仕様;サンプリング周波数:250 samples/sec

測定時間:300 seconds

使用環境;保管温度:-20 ~ 50

操作中温度:10 ~ 40

湿度:25% ~ 95%

測定範囲;平均心拍数:45 ~ 180 bpm

ST部分:-3 ~ +3 mm

LCD画面表示:HR(Heart Rate)、ST(図1)、SDNN(標準偏差)、IHB(Irregular Heart Beat Indicator)

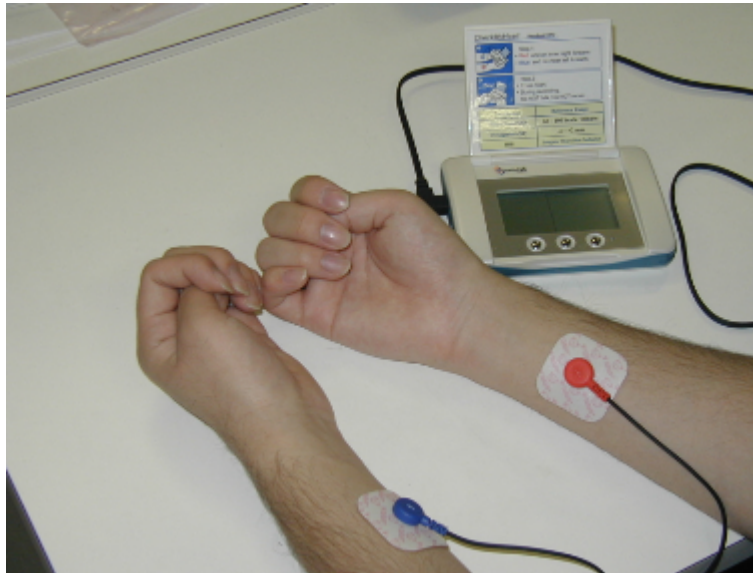


写真1. 携帯型心電計チェック・マイハート

計測方法: 被験者は椅子に腰を掛け、右腕に赤い電極、左腕に青い電極となるように両腕の内側中央に心電計電極パッドを貼り付け(写真1)、負荷前の測定は数秒位で呼吸を整えてから5分間計測し、負荷後の測定は音楽を聴きながらの5分間の計測である。

計測時刻: 表1の時刻欄に記した。

被験者: 男性60代(筆者、ES)

測定場所: 青森市幸畑3丁目1-27、ラポール八甲アパート室内

4. 測定結果

心拍変動の測定結果の一例(青葉城恋歌、測定番号4)の5分間の心電図のうち5秒間の計測結果を図2に示す。

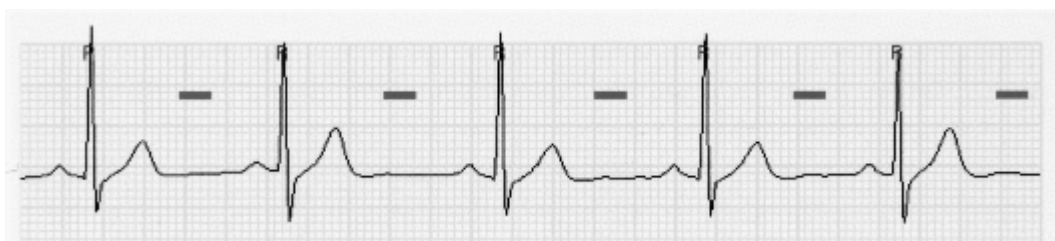
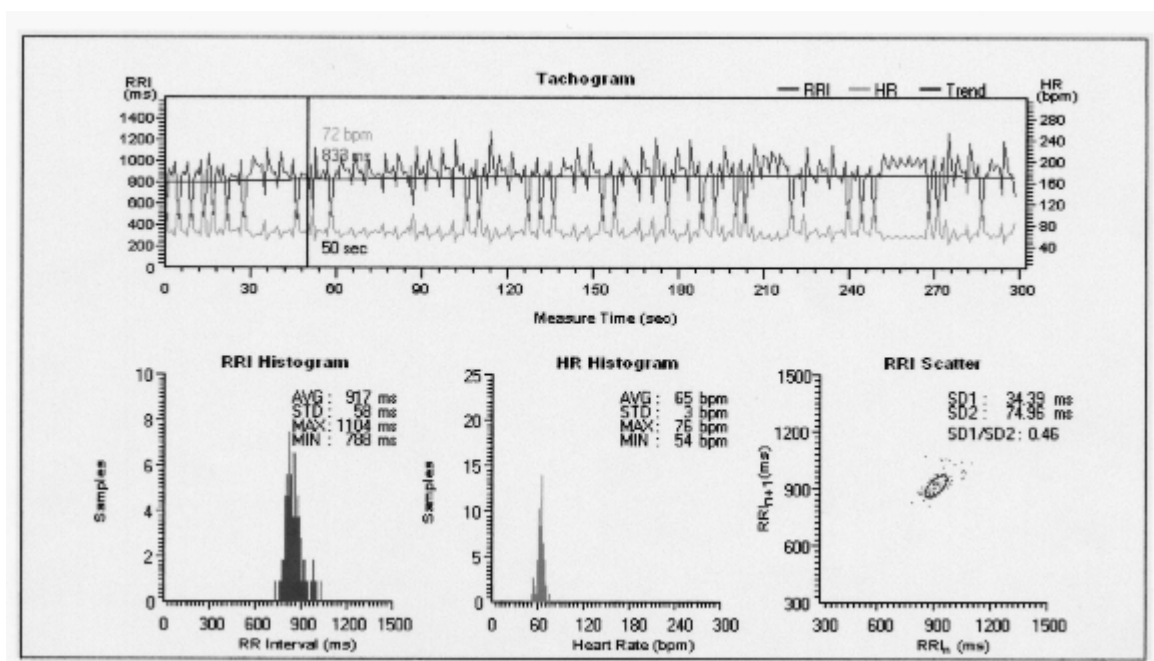


図2. 5秒間の心電図(青葉城恋歌、測定番号4、2010年8月7日、負荷前)

心拍変動の解析にはふたつの方法があり、ひとつはRR間隔の変化をそのまま評価する時間領域解析(time domain法)で、もうひとつはRR間隔の変化を周波数軸に変換して各周波数ごとの成分を評価する周波数領域解析(frequency domain法)である。

グラフ1に(青葉城恋歌、測定番号4、2010年8月7日、負荷前)の5分間での心拍変動の時間領域解析(Time-Domain Measurements)の画面を示す。



グラフ1. 時間領域解析画面(青葉城恋歌、測定番号4、2010年8月7日、負荷前)

心拍が揺らいていることが、グラフ1上部のタコグラム(Tachogram)、RRIヒストグラムや分散図($n, n+1$)から検証できる。タコグラムのy軸(左)600~1,200ms付近のスペクトルはRRインターバル(RRI)で、y軸(右)40~120 bpm近傍のスペクトルは心拍数(HR)で直線はトレンド(Trend)である。そして、表1に時間領域解析(Time-Domain Measurements)の結果を示す。

表1. 時間領域解析結果(青葉城恋歌、測定番号4、2010年8月7日、負荷前)

Time Domain Measurements		
Variable	Non-detrend Value	Detrend Value
Mean	917.23 ms	---
SDNN	58.32 ms	54.37 ms
RMSSD	48.65 ms	48.62 ms
NN50	24.00	24.00
pNN50	24.00 %	24.00 %
SD1	34.39 ms	34.37 ms
SD2	74.96 ms	68.79 ms
SD1/SD2	0.46	0.50

Mean: RR間隔の平均

SDNN: 全てのRR間隔(NN)の標準偏差

RMSSD: 連続したRR間隔の差の2乗の平均値の平方根

NN50: 連続したRR間隔の差が50msを超える総数

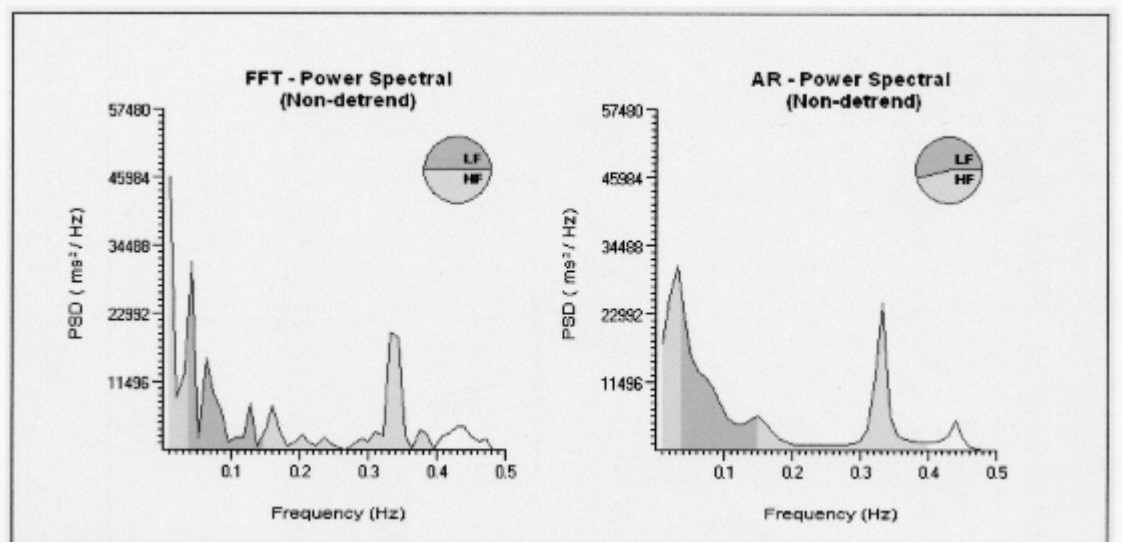
pNN50(%): 連続したRR間隔の差が50msを超える心拍の割合

SD1: プロット散布図の縦軸方向の標準偏差

SD2: プロット散布図の横軸方向の標準偏差

Detrend method: Second Order polynomial²³⁾

次に、グラフ2に(青葉城恋歌、測定番号4、2010年8月7日、負荷前)の5分間での心拍変動の周波数領域解析(Frequency-Domain Measurements)の画面を示す。AR-Power Spectral(グラフ2、右)において、低周波成分と高周波成分の二つのピークが示されているのが特徴的である。



グラフ2.周波数領域解析画面(青葉城恋歌、測定番号4、2010年8月7日、負荷前)

そして、表2に周波数領域解析(Frequency-Domain Measurements)の結果を示す。

表2.周波数領域解析結果(青葉城恋歌、測定番号4、2010年8月7日、負荷前)

Frequency Domain Measurements					
Variable	Non-detrend		Detrend		Units
	FFT	AR	FFT	AR	
VLF power	728	975	276	519	ms ²
LF power	854	1088	910	1114	ms ²
HF power	884	911	959	961	ms ²
Total power	2468	2975	2146	2595	ms ²
LF norm	49.14	54.45	48.69	53.69	nu
HF norm	50.86	45.55	51.31	46.31	nu
LF/HF	0.97	1.20	0.95	1.16	

FFT: 高速フーリエ変換(FFT)法

AR: 自己回帰(AR)法²⁴⁻²⁷⁾

LF norm: $LF / (Total\ Power - VLF) \times 100$

HF norm: $HF / (Total\ Power - VLF) \times 100$

nu: normalized unit

VLF: Very low frequency

LF: Low frequency

HF: High frequency

AR Model: Order range (1-99)

今回の測定のまとめには、収集データ数に関係なく高い周波数分解能が得られることが知られていることから、²⁸⁾ 自己回帰 (AR) 法による結果を考察することにした。これらの測定結果のまとめを表3～表18に、自律神経の活動指標 (LF/HF, HF/Total) をグラフ3～18に示す。なお、グラフは音楽の負荷前の値 (左) と負荷後の値 (右) を対にして示している。

表3. 「津軽のふるさと」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.7.05(月)	22:52	前	65	0.54	0.65
		23:11	後	69	0.75	0.57
2	2010.7.13(火)	23:03	前	77	1.57	0.39
		23:11	後	75	0.34	0.75
3	2010.7.23(金)	19:30	前	72	0.53	0.65
		19:38	後	72	1.02	0.5
4	2010.7.28(水)	18:43	前	71	1.11	0.47
		18:50	後	74	0.35	0.74
5	2010.8.05(木)	17:43	前	67	0.72	0.58
		17:51	後	66	0.59	0.63
6	2010.8.17(火)	20:50	前	67	0.13	0.89
		20:58	後	69	0.71	0.59
平均値					0.77 0.63	0.61 0.63
有意検定 ($p = 0.05$)					0.56	0.77

表4. 「氷雨」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.7.06(火)	23:04	前	70	1.53	0.39
		23:13	後	66	0.49	0.67
2	2010.7.14(水)	19:11	前	74	0.92	0.52
		19:19	後	74	1.03	0.49
3	2010.7.24(土)	18:35	前	76	0.79	0.56
		18:43	後	76	0.60	0.62
4	2010.7.28(水)	23:15	前	76	0.52	0.66
		23:24	後	74	0.39	0.72
5	2010.8.06(金)	17:46	前	70	1.35	0.43
		17:53	後	73	0.26	0.79

6	2010.8.18(水)	18:20 18:27	前 後	72 72	0.78 0.71	0.56 0.58
平均値					0.98 0.58	0.52 0.65
有意検定 (p = 0.05)					0.062	0.060

表5. 「雨の物語」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.7.08(木)	22:15 22:23	前 後	65 67	1.03 1.00	0.49 0.50
2	2010.7.16(金)	19:01 19:17	前 後	72 74	0.61 0.38	0.62 0.72
3	2010.7.24(土)	22:11 22:19	前 後	71 74	1.54 1.34	0.39 0.43
4	2010.8.09(日)	23:30 23:38	前 後	71 67	1.67 0.74	0.37 0.74
5	2010.8.11(水)	23:17 23:25	前 後	71 73	0.96 0.24	0.51 0.81
6	2010.8.19(木)	20:47 20:55	前 後	75 75	0.81 0.63	0.55 0.61
平均値					1.1 0.72	0.49 0.64
有意検定 (p = 0.05)					0.14	0.069

表6. 「マールが与えた人生」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.7.09(金)	22:48 22:56	前 後	71 73	1.21 0.51	0.45 0.66
2	2010.7.17(土)	19:11 19:19	前 後	75 75	0.67 0.79	0.60 0.56
3	2010.7.25(日)	23:39 23:46	前 後	76 76	0.41 0.39	0.71 0.72
4	2010.8.02(月)	19:05 19:12	前 後	72 69	0.83 0.22	0.55 0.82
5	2010.8.12(木)	17:26 17:36	前 後	66 70	0.63 0.57	0.61 0.64
6	2010.8.19(木)	23:39 23:53	前 後	74 72	0.45 0.38	0.69 0.73
平均値					0.70 0.48	0.60 0.69

有意検定 (p = 0.05)					0.15	0.13
--------------------	--	--	--	--	------	------

表7. 「刈干切唄」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.8.26(木)	17:27	前	62	0.64	0.61
		17:35	後	62	0.78	0.56
2	2010.8.28(土)	17:02	前	63	1.36	0.42
		17:08	後	63	0.32	0.76
3	2010.8.31(火)	21:31	前	70	0.48	0.68
		21:38	後	70	0.35	0.74
4	2010.9.07(火)	23:36	前	75	0.96	0.51
		23:44	後	75	0.39	0.72
5	2010.9.09(木)	23:39	前	72	1.01	0.50
		23:47	後	71	0.81	0.55
6	2010.9.11(土)	23:25	前	73	1.27	0.44
		23:33	後	74	0.67	0.60
平均値					0.95 0.55	0.53 0.66
有意検定 (p = 0.05)					0.038	0.047

表8. 「リー・マルレーン」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.8.27(金)	23:18	前	72	1.45	0.41
		23:26	後	71	1.06	0.46
2	2010.8.29(日)	22:24	前	81	0.84	0.54
		22:33	後	80	1.35	0.42
3	2010.9.02(木)	23:07	前	74	1.49	0.40
		23:15	後	70	0.32	0.76
4	2010.9.03(金)	23:13	前	73	1.09	0.48
		23:21	後	67	0.14	0.88
5	2010.9.08(水)	21:07	前	75	1.69	0.37
		21:15	後	74	0.50	0.67
6	2010.9.12(日)	21:54	前	74	0.65	0.61
		22:01	後	75	0.92	0.52
平均値					1.2 0.72	0.46 0.62
有意検定 (p = 0.05)					0.084	0.10

表9. 「悲しい道」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.9.04(土)	22:00	前	78	0.69	0.59
		22:15	後	74	0.36	0.74
2	2010.9.05(日)	23:22	前	70	1.01	0.50
		23:30	後	71	1.11	0.47
3	2010.9.06(月)	23:23	前	72	0.78	0.56
		23:31	後	70	0.23	0.81
4	2010.9.07(火)	21:32	前	76	0.80	0.56
		21:40	後	77	0.51	0.66
5	2010.9.08(水)	23:29	前	69	0.84	0.54
		23:37	後	89	0.93	0.52
6	2010.9.12(日)	23:40	前	72	0.65	0.61
		23:48	後	73	1.45	0.41
平均値					0.80 0.77	0.56 0.60
有意検定 (p = 0.05)					0.88	0.55

表10. 「フ랑ゴシリアニ」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.8.20(金)	21:22	前	73	0.93	0.52
		21:30	後	79	0.54	0.65
2	2010.8.21(土)	17:09	前	70	1.33	0.43
		17:18	後	71	0.60	0.63
3	2010.8.22(日)	18:46	前	75	1.79	0.36
		18:55	後	73	0.60	0.63
4	2010.8.23(月)	22:32	前	79	0.88	0.54
		22:40	後	77	0.59	0.63
5	2010.8.24(火)	18:14	前	68	1.39	0.46
		18:23	後	66	0.94	0.52
6	2010.8.25(水)	21:06	前	65	0.54	0.65
		21:13	後	64	0.67	0.60
平均値					1.14 0.66	0.49 0.61
有意検定 (p = 0.05)					0.029	0.027

表11. 「데라이라」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.7.12(月)	19:21	前	70	0.71	0.58

		19:29	後	68	0.42	0.70
2	2010.7.17(土)	22:43	前	71	1.32	0.43
		22:51	後	72	0.70	0.59
3	2010.7.26(月)	19:07	前	72	0.96	0.51
		19:14	後	74	0.52	0.66
4	2010.8.02(月)	23:14	前	73	0.90	0.53
		23:21	後	71	0.65	0.61
5	2010.8.12(木)	20:40	前	73	1.17	0.46
		20:50	後	75	0.91	0.52
6	2010.8.20(金)	18:25	前	73	0.54	0.65
		18:32	後	72	0.36	0.73
平均値					0.93 0.59	0.53 0.66
有意検定 (p = 0.05)					0.039	0.038

表12. 「星は光ぬ」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.7.12(月)	22:31	前	72	1.12	0.43
		22:38	後	72	0.76	0.57
2	2010.7.27(火)	23:19	前	73	1.55	0.39
		23:26	後	73	1.30	0.44
3	2010.8.03(火)	19:05	前	75	0.82	0.55
		19:14	後	71	0.60	0.63
4	2010.8.12(木)	22:47	前	69	1.84	0.35
		22:54	後	71	0.22	0.82
5	2010.8.20(金)	22:54	前	79	0.89	0.53
		23:03	後	79	0.40	0.72
6	2010.8.22(日)	20:48	前	75	1.25	0.45
		20:56	後	80	0.39	0.72
平均値					1.25 0.61	0.45 0.65
有意検定 (p = 0.05)					0.018	0.010

表13. 「青葉城恋歌」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.8.04(水)	19:37	前	71	0.48	0.67
		19:45	後	64	0.21	0.82
2	2010.8.05(木)	23:45	前	71	1.12	0.47
		23:52	後	68	0.77	0.57
3	2010.8.05(木)	18:48	前	65	0.81	0.55

		19:05	後	63	0.91	0.52
4	2010.8.07(土)	19:56	前	74	1.16	0.46
		20:03	後	72	0.37	0.73
5	2010.8.08(日)	19:09	前	67	1.05	0.49
		19:17	後	69	0.47	0.68
6	2010.8.09(月)	20:31	前	74	0.89	0.53
		20:38	後	74	0.62	0.62
平均値					0.92	0.53
					0.56	0.66
有意検定 (p = 0.05)					0.035	0.041

表14. 「南部牛追唄」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.8.05(木)	23:04	前	71	2.1	0.32
		23:10	後	71	1.07	0.48
2	2010.8.06(金)	23:19	前	71	0.83	0.55
		23:26	後	75	0.45	0.69
3	2010.8.07(土)	22:09	前	68	1.20	0.45
		22:16	後	67	0.48	0.68
4	2010.8.08(日)	17:32	前	73	1.46	0.41
		17:40	後	69	0.81	0.55
5	2010.8.09(月)	17:46	前	75	1.13	0.47
		17:53	後	74	0.47	0.68
6	2010.8.10(火)	22:22	前	64	1.68	0.37
		22:29	後	66	0.65	0.61
平均値					1.40	0.43
					0.66	0.62
有意検定 (p = 0.05)					0.0051	0.0030

表15. 「ソルヴェイグの歌」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.7.15(木)	23:13	前	69	2.09	0.32
		23:22	後	69	1.39	0.42
2	2010.7.22(木)	22:45	前	71	1.39	0.42
		22:52	後	71	1.28	0.44
3	2010.7.23(金)	23:41	前	73	1.01	0.50
		23:50	後	73	0.81	0.55
4	2010.8.17(火)	23:14	前	67	1.47	0.41
		23:30	後	67	0.40	0.71
5	2010.8.21(土)	22:08	前	75	1.22	0.45

		22:16	後	75	0.71	0.58
6	2010.8.22(日)	23:22	前	77	1.10	0.48
		23:29	後	75	0.47	0.68
平均値					1.38 0.84	0.43 0.56
有意検定 (p = 0.05)					0.042	0.037

表16. 「序奏とロンド・カプリチオーソ」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.8.24(火)	23:02	前	69	0.49	0.67
		23:10	後	72	0.73	0.58
2	2010.8.26(木)	21:32	前	66	0.91	0.52
		21:41	後	65	0.85	0.54
3	2010.8.29(日)	23:48	前	77	0.95	0.51
		23:56	後	78	0.36	0.73
4	2010.8.30(月)	18:07	前	76	0.68	0.60
		18:16	後	74	1.39	0.42
5	2010.9.01(水)	17:45	前	73	0.31	0.76
		17:54	後	70	0.68	0.59
6	2010.9.04(土)	23:30	前	75	1.19	0.46
		23:37	後	76	0.49	0.67
平均値					0.76 0.75	0.59 0.59
有意検定 (p = 0.05)					0.98	0.98

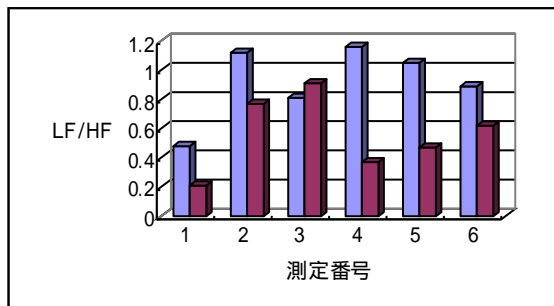
表17. 「夜霧のしのび違い」の心拍変動への効果

測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.7.16(金)	21:59	前	71	1.09	0.48
		22:07	後	73	0.41	0.71
2	2010.7.24(土)	19:50	前	72	0.42	0.70
		19:58	後	68	0.09	0.91
3	2010.7.29(木)	23:19	前	75	0.76	0.57
		23:27	後	74	0.62	0.62
4	2010.8.11(水)	21:12	前	71	1.36	0.43
		21:18	後	73	1.04	0.49
5	2010.8.18(水)		前	73	0.66	0.60
			後	70	0.56	0.64
6	2010.8.21(土)	19:09	前	73	1.35	0.42
		19:16	後	73	0.39	0.72
平均値					0.94	0.53

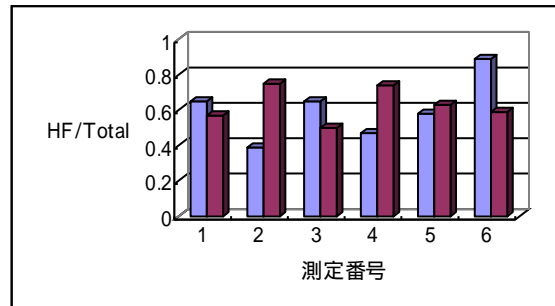
					0.52	0.68
有意検定 (p = 0.05)					0.065	0.067

表18. 「イタリー奇想曲」の心拍変動への効果

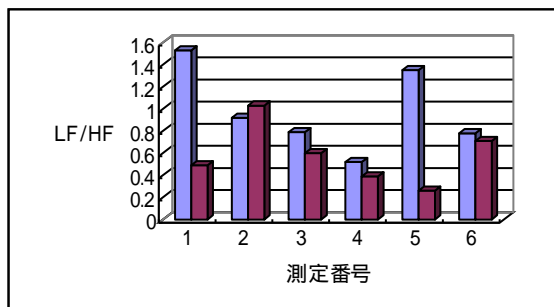
測定番号	測定年月日 (曜日)	測定時刻	負荷	心拍数 (bpm)	LF/HF	HF/Total
1	2010.8.25(水)	23:30	前	69	0.81	0.55
		23:49	後	68	0.43	0.70
2	2010.8.26(木)	23:43	前	72	0.73	0.58
		23:51	後	67	0.70	0.59
3	2010.8.30(月)	21:17	前	80	0.61	0.62
		21:25	後	80	0.41	0.71
4	2010.9.01(水)	23:40	前	73	0.33	0.75
		23:49	後	74	0.25	0.80
5	2010.9.03(金)	20:06	前	74	0.99	0.50
		20:14	後	75	0.62	0.62
6	2010.9.05(日)	19:30	前	72	0.96	0.51
		19:38	後	71	0.25	0.80
平均値					0.74 0.44	0.59 0.70
有意検定 (p = 0.05)					0.041	0.046



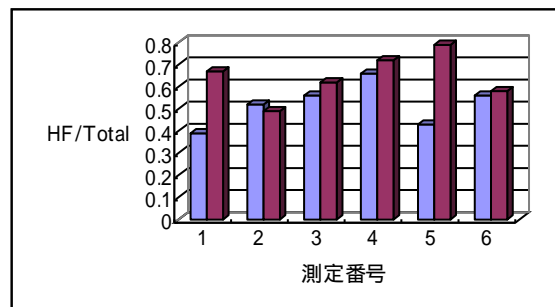
グラフ3-1.
「津軽のふるさと」の交感神経活動指標



グラフ3-2.
「津軽のふるさと」の副交感神経活動指標

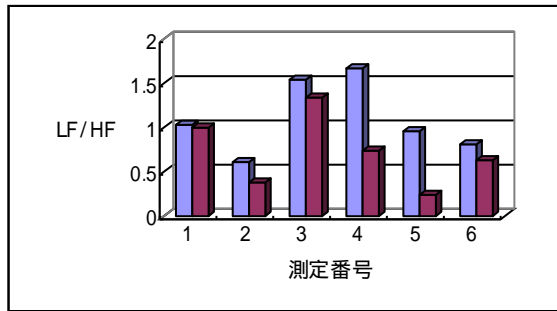


グラフ4-1.



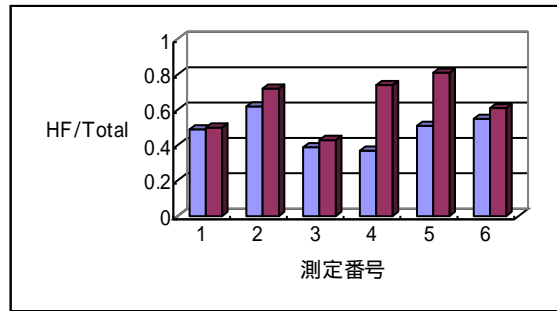
グラフ4-2.

「氷雨」の交感神経活動指標



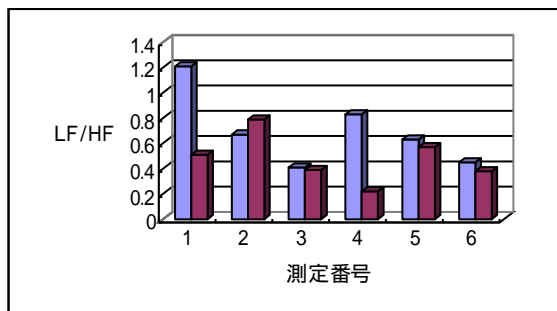
グラフ5-1.

「氷雨」の副交感神経活動指標



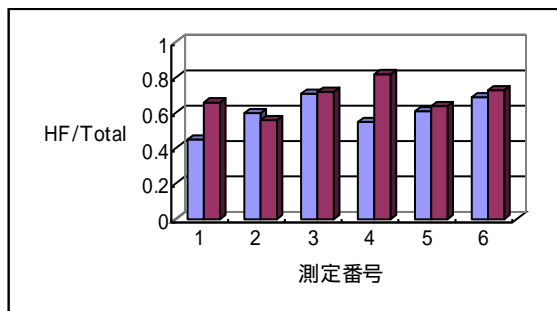
グラフ5-2.

「雨の物語」の交感神経活動指標



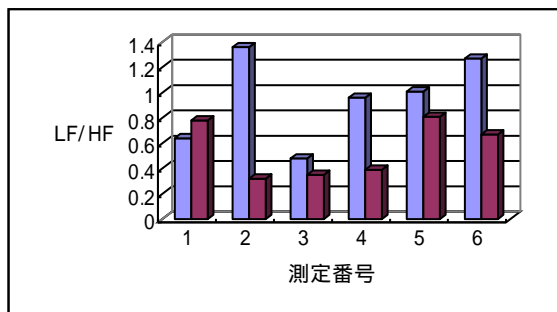
グラフ6-1.

「雨の物語」の副交感神経活動指標



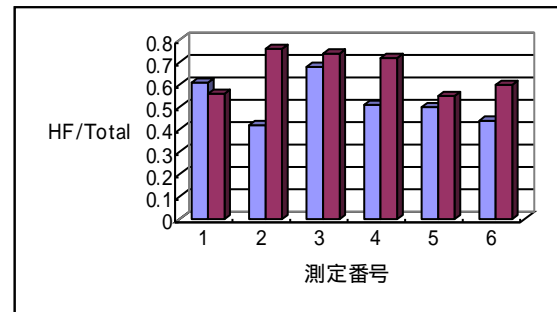
グラフ6-2.

「マールが与えた人生」の交感神経活動指標



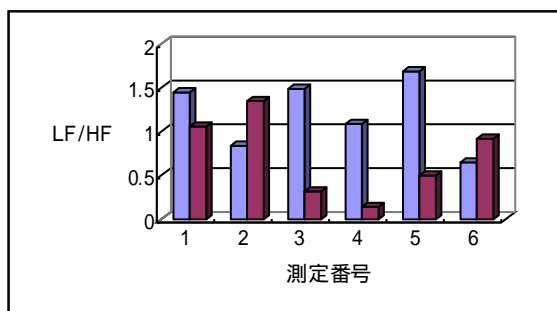
グラフ7-1.

「マールが与えた人生」の副交感神経活動指標

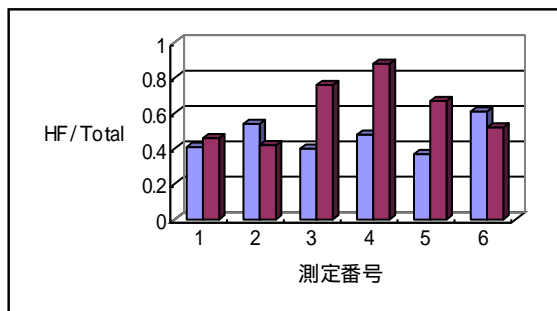


グラフ7-2.

「刈干切唄」の交感神経活動指標

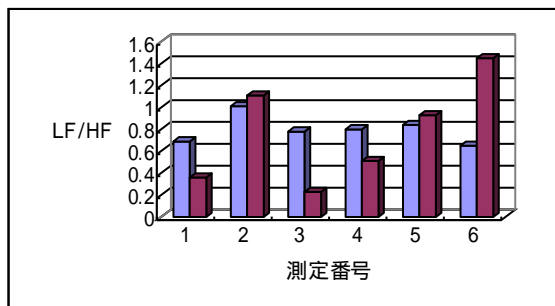


「刈干切唄」の副交感神経活動指標



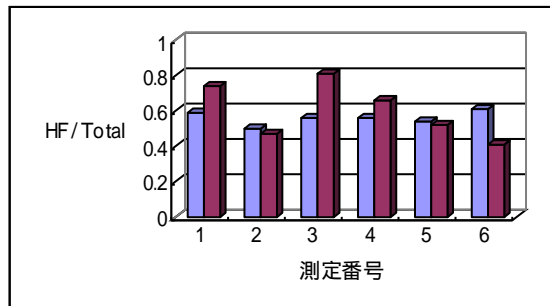
グラフ8-1.

「リリー・マルレーン」の交感神経活動指標



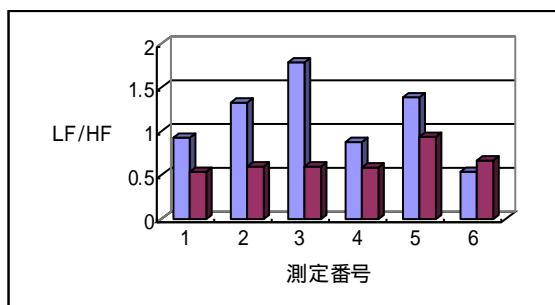
グラフ8-2.

「リリー・マルレーン」の副交感神経活動指標



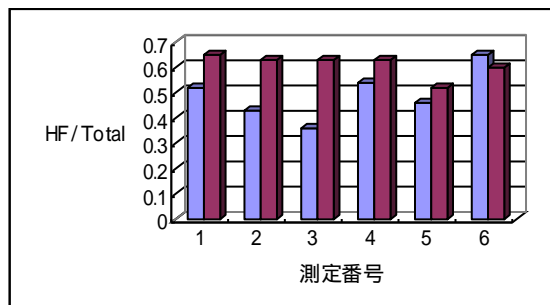
グラフ9-1.

「悲しい道」の交感神経活動指標



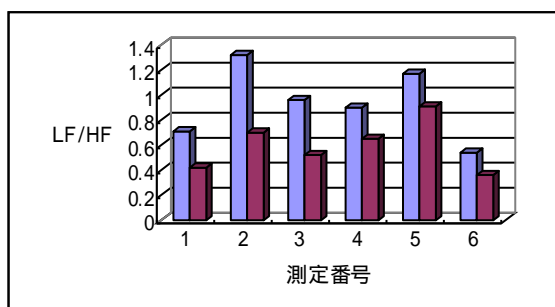
グラフ9-2.

「悲しい道」の副交感神経活動指標



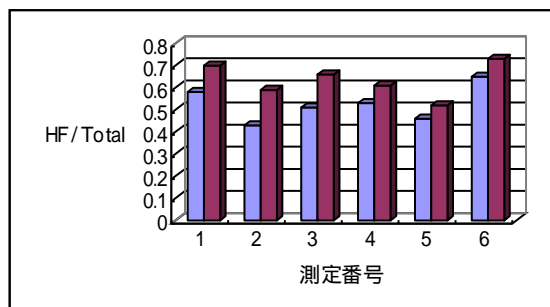
グラフ10-1.

「フランゴシリアニ」の交感神経活動指標



グラフ10-2.

「フランゴシリアニ」の副交感神経活動指標



グラフ11-1.

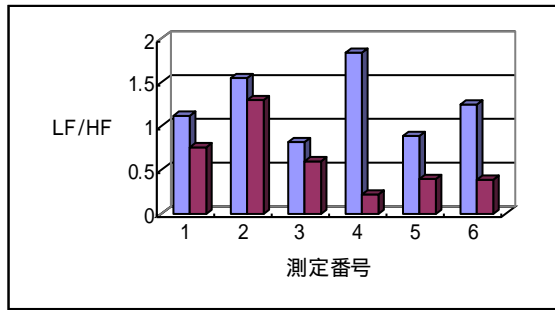
「デライラ」の交感神経活動指標



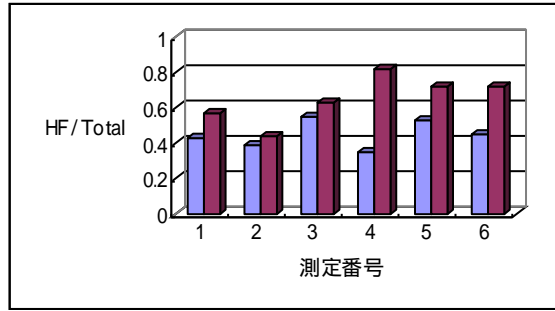
グラフ11-2.

「デライラ」の副交感神経活動指標

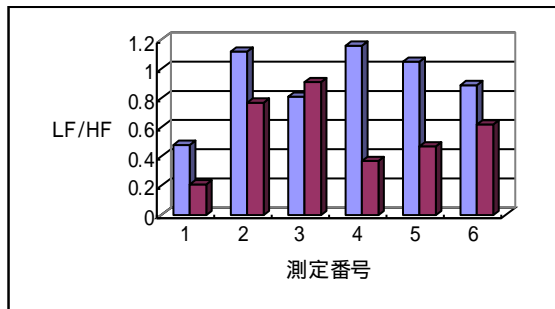




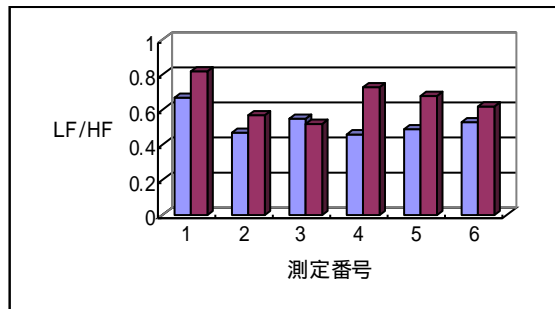
グラフ12-1.
「星は光ぬ」の交感神経活動指標



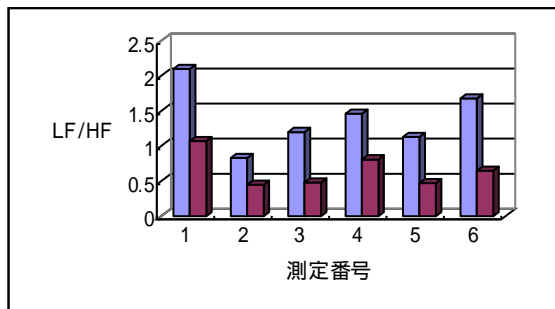
グラフ12-2.
「星は光ぬ」の副交感神経活動指標



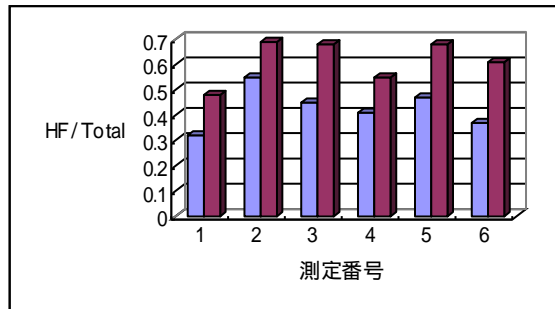
グラフ13-1.
「青葉城恋歌」の交感神経活動指標



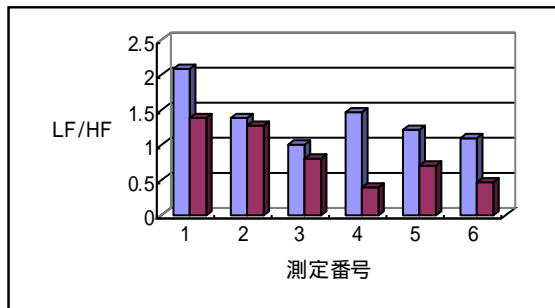
グラフ13-2.
「青葉城恋歌」の副交感神経活動指標



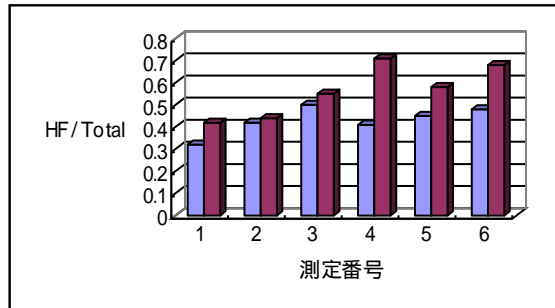
グラフ14-1.
「南部牛追唄」の交感神経活動指標



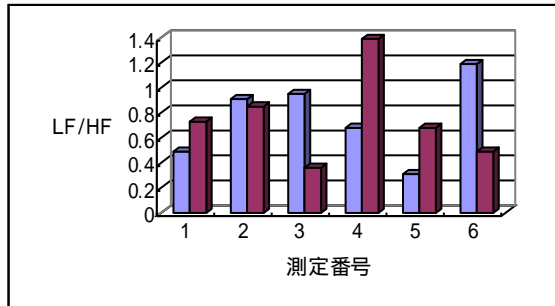
グラフ14-2.
「南部牛追唄」の副交感神経活動指標



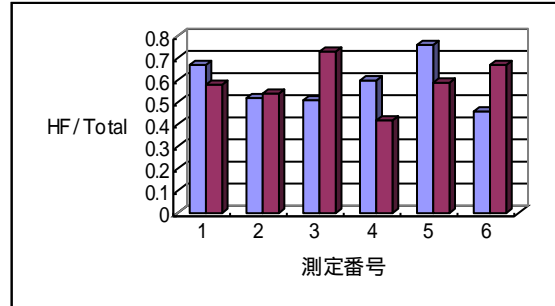
グラフ15-1.
「ソルヴェイグの歌」の交感神経活動指標



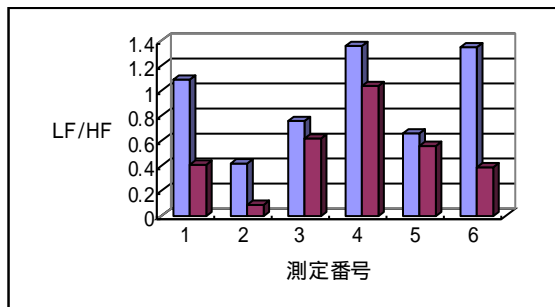
グラフ15-2.
「ソルヴェイグの歌」の副交感神経活動指標



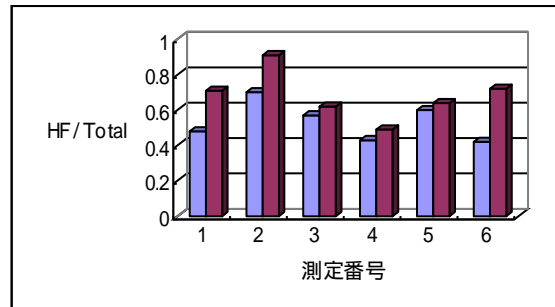
グラフ16-1.
「序奏とロンド…」の交感神経活動指標



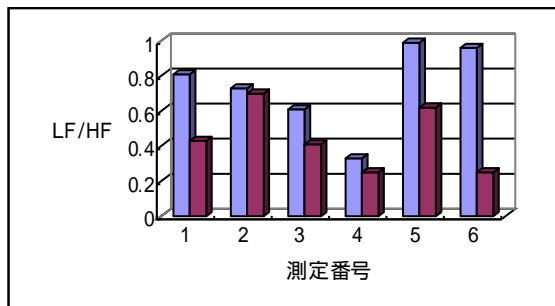
グラフ16-2.
「序奏とロンド…」の副交感神経活動指標



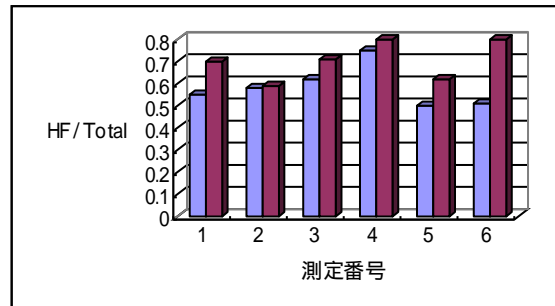
グラフ17-1.
「夜霧のしのび違い」の交感神経活動指標



グラフ17-2.
「夜霧のしのび違い」の副交感神経活動指標



グラフ18-1.
「イタリー奇想曲」の交感神経活動指標



グラフ18-2.
「イタリー奇想曲」の副交感神経活動指標

5. まとめ

以上の計測結果の表3～18およびグラフ3～18から、各音楽ごとに測定結果をまとめ、女声の歌、男声の歌そして器楽曲の順に記す。

最初に、女声の歌の効果について述べる。「津軽のふるさと」(曲番1)の効果に関して、表3およびグラフ3-1,3-2から、6回の測定ではあるが、交感神経の活動指標(LF/HF値)は、音楽の負荷後には、増加することも減少することもあり、平均値は減少しているが有意検定(等分散を仮定した2標本による検定、有意水準を0.05未満)において有意確率0.56であり、有意な減少とは言えない。さらに、副交感神経の活動指標(HF/Total値)についても増加することも減少することもあり、

有意差は見られなかった。

次に、「氷雨」(曲番2)については表4およびグラフ4-1,4-2から、「マールが与えた人生」(曲番4、バルト三国のひとつラトビア共和国の歌で独立に思いを寄せたとされる)について表6およびグラフ6-1,6-2から、LF/HF値もHF/Total値も共に音楽の負荷後に高くなる場合も低くなる場合もあり、平均値においてはLF/HF値は減少し、HF/Total値は増加してはいるが、有意差は認められなかった。そして、「雨の物語」(曲番3)に関しては、表5およびグラフ5-1,5-2からLF/HF値は音楽の負荷後にはすべて低くなり、HF/Total値はすべて音楽の負荷後に高くなっているが、有意検定からHF/Total値については有意確率0.14で、HF/Total値は有意確率0.069であり有意な変化ではなかった。

また、「刈干切唄」(曲番5)は芸能山城組(組頭、山城祥二)による男声のバックコーラスを伴う女声の民族音楽による発声法による歌である。この歌については、表7およびグラフ7-1,7-2から、LF/HF値は音楽の負荷後に一回だけ増加したが、その他はすべて減少し、HF/Total値も一度だけ減少したが、それ以外はすべて増加し、平均値においてもLF/HF値は減少し、HF/Total値は増加した。有意検定においてはHF/Total値については有意確率0.038で、HF/Total値は有意確率0.047であり有意な変化であった。

さらに、「リリー・マルレーン」(曲番6)は映画「ニュールンベルグ裁判」に流れていたメロディーで、第二次世界大戦中、敵も味方も歌ったと言われ、“哀愁のラッパ”と呼ばれたララ・アンデルセンによる低い声の行進曲風のドイツの歌である。²⁹⁾ そして、「悲しい道」(曲番7)は、リリー・マルレーンのメロディーに安井かずみによる日本語の歌詞がつけられ、木の実ナナが歌ったものである。「リリー・マルレーン」については表8およびグラフ8-1,8-2から、そして、「悲しい道」について表9およびグラフ9-1,9-2から、LF/HF値もHF/Total値も共に音楽の負荷後に高くなる場合も低くなる場合もあり、平均値においてはLF/HF値は減少し、HF/Total値は増加してはいるが、有意差は認められなかった。

次に、男声の歌の効果について述べると、「フランゴシリアニ」(曲番8、ギリシャの歌で、民族楽器ブズーキの伴奏によるヴァンヴァカリスのダミ声の歌)の計測結果は、6回の計測のすべてにおいて音楽の負荷後には、交感神経の活動指標(LF/HF値)は減少し、副交感神経の活動指標(HF/Total値)は増加していて、有意検定においても、LF/HF値の有意確率は0.029であり、HF/Total値の有意確率は0.027となり、有意な変化であると見なせる。同様に、曲番9の「デライラ」や曲番10の「星は光ぬ」においても、6回のすべての計測で、LF/HF値は減少し、HF/Total値は増加していた。そして、どちらの曲においても有意差が認められ有意な変化であった。そして、「青葉城恋歌」(曲番11)については、表13およびグラフ13-1,13-2から、音楽の負荷後のLF/HF値は6回の測定のうち1回(表13、測定番号3)だけ高い値になったが、他は低い値になり、平均値も負荷前の値は0.92で、負荷後は0.56と小さな値になり、有意検定でも有意な減少であった。さらに、HF/Total値についても、1回(表13、測定番号3)の測定値は音楽の負荷後に減少したが、他の5回の測定結果は高い値になり、平均値についても、LF/HF値は減少し、HF/Total値は増加し、有意検定においても有意確率もそれぞれ0.035、0.041であり、どちらも有意な変化であった。さらに、曲番12の「南部牛追唄」に関しては、表14およびグラフ14-1,14-2から、音楽の負荷後6回の計測のすべてにおいてLF/HF値は低下し、HF/Total値は増加し、有意検定においても、有意確

率がそれぞれ0.0051、0.0030であり、有意な減少、増加であった。

また、器楽曲については4曲測定した。「ソルヴェイグの歌」(曲番13)は、“宵待草”ノルウェー版とも言えるものであり、イプセンの詩劇にグリーグが音楽を付けたペール・ギュント組曲の中のひとつである。最初のソルヴェイグの歌はピアノ演奏であるが、表15およびグラフ15-1,15-2からLF/HF値は6回の計測すべてにおいて減少し、HF/Total値はすべての計測において増加し、有意検定においても、有意確率がそれぞれ0.042、0.037であり、有意な減少、増加であり、交感神経の活動指標を低下させ、副交感神経の活動指標を高めていると言える。

しかし、曲番14の「序奏とロンド・カプリチオーソ」はヴァイオリン演奏であり、表16およびグラフ16-1,16-2からLF/HF値もHF/Total値も共に音楽の負荷後に高くなる場合も低くなる場合もあり、平均値においても差は見られず、有意検定においても有意差は見られなかった。曲番15の「夜霧のしのび逢い」はギター曲であるが、表17およびグラフ17-1,17-2から、6回の計測において音楽の負荷後、LF/HF値はすべて増加し、HF/Total値はすべて減少していた。しかし、有意検定において、それぞれ有意確率は0.065および0.069であり、有意水準未満(0.05)ではなく、交感神経活動にも副交感神経活動にも有意な変化は認められなかった。

そして、「イタリー奇想曲」(曲番16)はオーケストラ演奏であるが、表18およびグラフ18-1,18-2から、交感神経の活動指標(LF/HF値)は音楽の負荷後、6回の測定すべてにおいて上昇し、副交感神経の活動指標(HF/Total値)もすべての測定において増加した。有意検定においても、有意確率がそれぞれ0.041、0.046で有意水準未満(0.05)であり、有意な交感神経活動の減少、有意な副交感神経活動の増加が認められた。

自律神経は、交感神経と副交感神経の2種類の神経系統から成り立ち、それぞれ相反する方向に働き、健康なときには常にバランスを保っているとされる。³⁰⁾ そして、病的な場合には中枢神経の二つの活動指標は互いに独立に変化するとされるが、^{6,31)} 表3-18やグラフ3-18から、交感神経の活動指標(LF/HF)と副交感神経の活動指標(HF/Total)の増減はほぼ対称的な変化とみなすことが出来る。

6. 考察

これらの結果から、今回の被験者には、女声の歌では7曲のうち6曲では交感神経の活動・副交感神経の活動には有意な影響は見られず、1曲のみで交感神経の活動の減少、副交感神経の活動の増加が見られた。それは曲番5の「合唱刈干切唄」であり、男声のバックコーラスの影響が考えられる。男声の歌では曲番8から曲番12の5曲すべてにおいて、交感神経の活動を有意に減少させ、副交感神経の活動を有意に増加させる効果が認められた。また、器楽曲では曲番13はピアノ演奏で、交感神経の活動の減少および副交感神経の活動の増加が見られたが、曲番14のヴァイオリン曲や曲番15のギター演奏では交感神経活動や副交感神経活動の有意な変化は認められなかった。しかし、オーケストラ演奏による曲番16においては、交感神経活動の有意な減少、副交感神経活動の有意な増加が見られた。

多くの方がご存知と思われるが、ドイツを流れるライン川の観光名所にローレイの岩が知られている。そして、水野潤一著『ヨーロッパ教養旅行』(白馬出版)には、「この岩の中腹に、美しい妖精が月夜の晩になると現れ、その魔性の歌声は舟人らを魅了し、ついには死の暗礁に乗り上げさせ

て生命を奪うのだと言い伝えられた。この物語は最初ケレメンス・ブレンターノが物語詩に採り入れ、ハイネの詩で有名になり、フリードリヒ・ジルヘルの作曲でさらに有名になった」とある。³²⁾ また、トロイア戦争の後のオデュッセウスの帰国の物語オデュッセイアについて、森 進一著『ホメロス物語 イリアス・オデュッセイア』に次のことが述べられている。³³⁾ 「セイレンという魔女たちの美しい歌を聞いた者は、魅惑されたまま死にいたるまで聞きつづけという話があり、・・・部下たちの耳には蠟をはりつけ、自分の体は帆柱に固く縛らせて、ぞんぶんに聞きながら魔女セイレンの島を無事に通過した。」と記されている。男は何時の時代においても女性の声に交感神経の活動を高め胸をときめかしているのかもしれない。

7. 今後の課題

- (1) 今回の測定において、器楽曲については各楽器（ピアノ、ヴァイオリン、ギター、オーケストラ）に対して一つのみでの計測であったので、楽器毎に例数を増やした測定が望まれる。
- (2) さらに、コーヒーや喫煙による心拍変動への影響にも興味がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究費の一部は私立大学教育研究高度化推進特別補助「共同研究経費」（代表者：杏林大学岡田洋二准教授）により援助されたものであり、関係各位に記して感謝の意を表します。

引用文献および注

- 1) 第59報：高橋純一、佐藤英助、研究紀要（青森大学・青森短期大学学術研究会）第33巻 第2号 xx-xx頁（2010）.
- 2) 杏林大学大学院保健学研究科
- 3) 武者利光、ゆらぎの発想～1/f ゆらぎの謎にせまる～（NHK出版）98-104頁(1994).
- 4) M.Kobayashi and T.Musha, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol.BME-29, No.6, pp.456-457(1982).
- 5) 谷 明博、鍵谷俊文、堀 正二、CLINICIAN, No.416 pp.57-63 (1992).
www.e-clinician.net/vol.39/No.416/pdf/gp-416 (accessed 2010/03/09).
- 6) 武者利光、ゆらぎの発想～1/f ゆらぎの謎にせまる～（NHK出版）180-182頁(1994).
- 7) 佐藤英助、岡田洋二、丘島晴雄、研究紀要（青森大学・青森短期大学学術研究会）第32巻 第3号 109-119頁(2010).
- 8) 佐藤英助、岡田洋二、丘島晴雄、雪国環境研究（青森大学）第16号 61-70頁（2010）.
- 9) 佐藤英助、岡田洋二、丘島晴雄、研究紀要（青森大学・青森短期大学学術研究会）第33巻 第1号 125-142頁(2010).
- 10) Shu-Ming Peng, M.Sc., Malcolm Koo, Ph.D., and Zer-Ran Yu, Ph.D., The Journal

of Alternative and Complementary Medicine, Vol. 15, No. 1, pp.53-57 (2009).

- 11) 谷村仲一、心電図モニター(へるす出版) 10-69頁(2002).
- 12) 徳野慎一監修、心電図波形見きわめ完全ガイド(照林社) 14-107頁(2004).
- 13) 一色高明・杉村洋一、心電図・心エコー図の読み方(医学教育出版社) 12-69頁(1997).
- 14) 栗田康生、心電図Nursing Note(メディカ出版) 27-71頁(2006).
- 15) 日本医薬アカデミー編集、薬剤師国家試験対策 医療薬学 (日本医薬アカデミー) 534 - 543頁(2007).
- 16) 日本医薬アカデミー編集、薬剤師国家試験対策 基礎薬学 (日本医薬アカデミー) 373 頁(2007).
- 17) 八木俊衣、田島幸信、廣濱秀次、肥田不二夫、小林郁夫、川嶋賢一、新里昭保、吉岡利忠、宇宙環境航空医学 Vol.45, No.1, pp.11-16 (2008).
- 18) 吉武康栄、大分看護科学研究 Vol.4, No.1, pp.27-32 (2003).
- 19) 貴志浩久、“生体信号解析プログラムの作成”、
http://www.ehdo.go.jp/shizuoka/hamamatsu/.../kiyou_16_2_07.pdf (accessed 2009/12/26).
- 20) 河合房夫、“アロマセラピーにおけるコーヒーの香りの有効性に関する研究”、
www.asahibeer.co.jp/csr/philanthropy/ab.../image/.../sci_07.pdf (accessed 2009/12/04).
- 21) 中塚逸央、慶応医学 80(2) T101~ T109 (2003).
- 22) 谷 明博、山崎義光、堀 正二、心拍変動の意義と測定・解析法(林 博史編、心拍変動の臨床応用 -- 生理的意義,病態評価,予後予防)(医学書院) 32-33頁(1999).
- 23) 上田太一郎、データマイニング事例集(共立出版) 93-97頁(1999).
- 24) 田中英之、統計の見方・使い方が面白いほどわかる本(中経出版) 128-131頁(2008).
- 25) 石村貞夫、スティアニー・リヒャルト、Excelでやさしく学ぶ時系列(東京図書) 122-133頁(2001).
- 26) 赤池弘次監修、尾崎 統、北川源四郎編集、時系列解析の方法(朝倉書店) 61-63頁(2000).
- 27) 和田孝雄著、赤池弘次監修、生体のゆらぎとリズム - コンピュータ解析入門(講談社サイエントフィク) 116-119頁(1997).
- 28) 谷 明博、山崎義光、堀 正二、心拍変動の意義と測定・解析法(林 博史編、心拍変動の臨床応用 -- 生理的意義,病態評価,予後予防)(医学書院) 30-31頁(1999).
- 29) 鈴木 明著、リリー・マルレーンを聴いたことがありますか(文藝春秋) 48, 121頁(1978).
- 30) 安保 徹著、がんも自分で治せる! 図解 安保徹の免疫学入門(宝島社) 16-17頁(2004).
- 31) 谷 明博、山崎義光、堀 正二、心拍変動の意義と測定・解析法(林 博史編、心拍変動の臨床応用 -- 生理的意義,病態評価,予後予防)(医学書院) 32頁(1999).
- 32) 水野潤一著、ヨーロッパ教養旅行(白馬出版)、121頁(1975).
- 33) 森 進一著、ホメロス物語 イリアス・オデュッセイア (岩波書店) 149-150頁(1984).